



2

DT 24 20

① **Offenlegungsschrift 24 20 664**
②
③ Aktenzeichen: P 24 20 664.2
④ Anmeldetag: 29. 4. 74
Offenlegungstag: 13. 11. 75

⑤ Unionspriorität:
⑥ ⑦ ⑧

⑨ **Bezeichnung:** Vorrichtung zur Messung der relativen Dichte oder spezifischen Schwere eines Gases

⑩ **Anmelder:** The Solartron Electronic Group Ltd., Farnborough, Hampshire (Großbritannien)

⑪ **Vertreter:** Marsch, H., Dipl.-Ing.; Sparing, K., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte, 4000 Düsseldorf

⑫ **Erfinder:** Stansfeld, James Wolryche, Beech, Hampshire (Großbritannien)

DT 24 20 664 A1

DIPL.-ING. H. MARSCH
DIPL.-ING. K. SPARING
PATENTANWÄLTE

4. DÜSSELDORF,
LINDEMANNSTRASSE 51
POSTFACH 140147
TELEFON (0211) 67 20 48

48/53

2420664

B e s c h r e i b u n g
zum Patentgesuch

der Firma The Solartron Electronic Group Limited, Victoria Road,
Farnborough, Hampshire / England

betreffend:

"Vorrichtung zur Messung der relativen Dichte oder
spezifischen Schwere eines Gases"

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Messung
der relativen Dichte oder spezifischen Schwere eines Gases.

Die spezifische Schwere S_g eines Gases ist gegeben durch
 $S_g = \rho_g / \rho_a$, wobei ρ_g und ρ_a jeweils die Dichte des zu messen-
den Gases bzw. von Luft bei Standardtemperatur und Druck an-
geben. Da ρ_a eine Konstante ist, ist die spezifische Schwere
 S_g proportional zu ρ_g . Die spezifische Schwere ist demgemäß
eine dimensionslose Größe, während die Dichte die Dimensionen
Masse pro Volumeneinheit besitzt und üblicherweise in Einheiten
von Gramm pro Kubikzentimeter ausgedrückt wird.

In der Gasindustrie ist es häufig erforderlich, die spe-
zifische Schwere von Erd- oder Stadtgas, das Konsumenten zuge-
führt wird, zu messen, beispielsweise zur Erleichterung der
Berechnung des Preises für das gelieferte Gas. Bisher wurde die
spezifische Schwere des Gases gemessen mittels einer Wäge-
methode, bei der identische Tanks von einem Waagebalken in
gleichem Abstand von dessen Schwenkachse herabhängen, jedoch
an entgegengesetzten Enden des Balkens. Einer der Tanks, der

Probetank, ist so angeschlossen, daß das zu messende Gas hindurchströmt. Der andere Tank, der Referenztank, enthält eine feste oder konstante Masse eines Referenzgases. Die Waagebalkenanordnung mißt das Gewicht des Gases im Probetank. Da das Volumen der Tanks fest ist, ist diese Messung auch repräsentativ für die Dichte des Probegases, die, wie oben erwähnt wurde, proportional der spezifischen Schwere ist.

Um zu vermeiden, daß sich das Probegas und das Referenzgas bei unterschiedlichem Druck befinden, was Fehler in die Messung einführen würde, ist eine Druckregulierungsvorrichtung vorgesehen, um den Druck des Probegases gleich dem Druck des Referenzgases zu machen. Die Unterschiede in der Temperatur zwischen Probe- und Referenzgas werden jedoch nicht kompensiert und dies wäre auch sehr schwierig bei einer Waagebalkenanordnung dieses Typs, die sehr groß und umfangreich ist, so daß Temperaturunterschiede schwierig zu vermeiden sind. Temperaturdifferenzen führen jedoch ebenso wie Druckdifferenzen Fehler in die Messung ein.

Ein weiterer Nachteil einer Waagebalkenanordnung besteht darin, daß diese ein ziemlich empfindliches Instrument darstellt. Die Anordnung muß auf einer vibrationsfreien Halterung montiert werden, und genau horizontal gestellt werden, und muß mit großer Sorgfalt gehandhabt werden. Zusätzlich kann man zwar eine kontinuierliche Messung vornehmen, doch muß man die Durchsätze relativ niedrig und konstant halten, weil sonst das Kräftegleichgewicht gestört werden könnte, und das thermische Gleichgewicht weiter verschoben werden würde. Diese niedrigen Durchsätze in Verbindung mit dem relativ großen Volumen des Probetanks führen zu einer niedrigen Ansprechgeschwindigkeit auf Änderungen der spezifischen Schwere.

Schließlich hängt eine solche Anordnung auch von der Schwerkraft ab, so daß sie an Ort und Stelle geeicht werden muß oder mindestens an einem Ort, wo die Schwerkraft im wesentlichen dieselbe ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Messung der spezifischen Schwere oder relativen Dichte von Gasen zu schaffen, bei der die erwähnten Probleme und Nachteile im wesentlichen behoben sind.

Ausgehend von einer Vorrichtung zur Messung der relativen Dichte oder spezifischen Schwere ("specific gravity") eines Gases mit einer das zu messenden Gas führenden Leitung einer dichteempfindlichen Messeinrichtung für die Erzeugung eines für die Dichte des in der Leitung strömenden Gases repräsentativen Ausgangssignals, einer eine festgelegte Masse eines Referenzgases enthaltenden Kammer, und einer Drucksteuereinrichtung, die im Ansprechen auf eine Druckdifferenz zwischen Referenzgas und zu messendem Gas in der Leitung den Druck des letzteren in Richtung einer Ausregelung der Differenz nachstellt, wird diese Aufgabe gemäß der Lehre der Erfindung dadurch gelöst, daß die Messeinrichtung ihr dichteempfindliches Element in der Leitung dem zu messenden Gas ausgesetzt aufweist und daß ein Temperatenausgleichsblock vorgesehen ist, mit dem die Leitung und die Referenzgaskammer in innigem thermischen Kontakt stehen zum Ausgleich etwaiger Temperaturdifferenzen zwischen Referenzgas und zu messendem Gas derart, daß das Ausgangssignal proportional der relativen Dichte des zu messenden Gases ist.

Demgemäß haben Umgebungstemperaturänderungen, da sie das Referenzgas und das Gas in der Leitung in gleicher Weise beeinflussen, im wesentlichen keinen Einfluß auf die Dichtemessung,

509846/0536

- 4 -

da die Wirkung auf die Dichtemessung durch die Druckänderung des Gases in der Leitung, hervorgerufen durch die Temperaturänderung im Referenzgas, im wesentlichen exakt kompensiert wird durch die Wirkung der Temperaturänderung des Gases in der Leitung. Unter diesen Bedingungen ist deshalb die Dichtemessung direkt proportional der spezifischen Schwere oder relativen Dichte des Gases. Die vorstehenden Angaben erfolgen unter der Annahme, daß der Superkompressibilitätsfaktor des Gases in der Leitung gleich 1 ist, welche Forderung relativ leicht erfüllt wird durch die meisten in der Praxis zu messenden Gase.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind, um den innigen thermischen Kontakt zwischen dem Temperaturnausgleichsblock (bei dem es sich um ein relativ großes Metallstück handeln kann) und der Probeleitung und der Referenzgaskammer zu erreichen, die Kammer und ein Teil der Leitung innerhalb des Temperaturnausgleichsblocks untergebracht, wobei der verbleibende Abschnitt der Leitung rund um den Block gewunden sein kann. Der Block kann zweckmäßigerweise so angeordnet sein, daß er der normalen Umgebungstemperatur ausgesetzt ist.

Vorzugsweise umfaßt die Drucksteuereinrichtung ein Auslaßventil, das so angeordnet ist, daß die Belüftung des Gases aus der Leitung gesteuert wird und eine bewegliche Membran, die für die Betätigung des Ventils angeschlossen ist, und deren beide Seiten den Drücken des Referenzgases bzw. des Gases in der Leitung ausgesetzt sind.

Das dichteempfindliche Element umfaßt vorzugsweise einen schwingungsfähigen Körper, der dem Gas in der Leitung ausgesetzt ist, Mittel für die Anregung des Körpers zu Schwingungen mit seiner Eigenfrequenz und Mittel zur Erzeugung eines Ausgangssignals, das diese Frequenz repräsentiert. Der schwingungsfähige Körper kann ein gerader Hohlzylinder sein, dessen Innen-

509846/0536

und Außenflächen dem Gas in der Leitung ausgesetzt sind, während die Anregungsmittel so ausgebildet sein können, daß der zylindrische Körper zu glockenartigen (Hupmodus) Schwingungen angeregt wird.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, die in stark schematisierter Form einen Schnitt durch eine Vorrichtung zur Messung der spezifischen Schwere von Gasen gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

Die Vorrichtung 10 gemäß der Zeichnung umfaßt ein Einlaßrohr 12, das mit dem zu messenden Gas gespeist wird, etwa von einer Gaspipeline, die Erdgas führt, und typischerweise unter einem Druck von etwa 25 psi (1300 Torr) steht. Das Einlaßrohr 12 weist eine einstellbare Druckreduzieröffnung 14 auf, mit der der Druck des Gases auf einen bequemeren Wert herabgesetzt werden kann, und erstreckt sich radial durch die Wandung eines hohlen im allgemeinen zylindrischen Gehäuses 16 in dessen Inneres.

Das Gehäuse 16, das einen geschlossenen Behälter für den Rest der Vorrichtung 10 bildet, besteht aus einem polierten Metall mit einer Oberflächenbeschichtung aus thermisch isolierendem Material, wie Polystyrolschaum, und dient dazu, den Rest der Vorrichtung 10 gegen Zugluft und kurzzeitige Temperaturfluktuationen zu schützen. Ein relativ massiver, im wesentlichen zylindrischer Temperatursgleichblock 18 ist coaxial innerhalb des Gehäuses 16 angeordnet und auf dessen Basis montiert. Der Block 18 besitzt einen oberen Abschnitt 20 mit einer coaxial angeordneten, sich nach unten erstreckenden zylindrischen Ausnehmung 22, sowie einen unteren Abschnitt 24 mit einer coaxial angeordneten, sich aufwärts erstreckenden Ausnehmung 26. Zusätz-

- 6 -

509846/0536

lich enthält der Block 18 ein im wesentlichen zentral angeordnetes Reservoir 28, das mit einem Referenzgas, wie Luft oder Stickstoff, gefüllt ist.

Die Ausnehmung 22 enthält ein dichteempfindliches Element in Form eines schwingenden Zylinders 30, der sich koaxial mit der Ausnehmung erstreckt und Teil einer Dichtemeßvorrichtung gemäß GB-PS 1 175 664 bildet. Der zugehörige Wandler 32 umfaßt eine Verstärkereinheit 34 für die Anregung der Resonanzschwingungen des Zylinders im Hup- oder Glockenmodus und zur Erzeugung eines Ausgangssignals, dessen Frequenz gleich der Frequenz der Schwingungen ist. Die Verstärkereinheit 34 besitzt einen unteren Flansch 35, welcher die Ausnehmung 22 umschließt und abdichtet. Der Zylinder 30 ist hohl und unterteilt die Ausnehmung 22 in zwei Bereiche 36, 38, die miteinander kommunizieren über den hohlen Innenraum des Zylinders 30. Ein Einlaß 40 erstreckt sich radial durch die Wandung der Ausnehmung 22 und kommuniziert mit dem Bereich 36, während ein Auslaß 42 sich ebenfalls radial durch die Wandung der Ausnehmung 22 erstreckt und mit dem Bereich 38 kommuniziert.

Falls erwünscht, kann der obere Abschnitt 20 des Temperaturs Ausgleichsblocks 18 in der Praxis gebildet werden von dem Hauptschwingzylindergehäuse der Meßeinrichtung, welches Gehäuse zweckmäßig mit dem Rest des Temperaturs Ausgleichsblocks verklammert wird; bezüglich der Einzelheiten darf auf die erwähnte britische Patentschrift verwiesen werden.

Der Abschnitt des Einlaßrohres 12, der stromabwärts der Öffnung 14 liegt und sich innerhalb des Gehäuses 16 befindet, ist verbunden mit dem Einlaß 40 über ein Wärmetauscherrohr 44, das spiralig um und in innigem thermischen Kontakt mit dem unteren Abschnitt 24 und dem oberen Abschnitt 20 des Temperaturs Ausgleichsblocks 18 gewunden ist. Der Auslaß 42 ist über eine Rohrleitung 46 mit einer Druckregeleinrichtung 48 verbunden,

509846/0536

- 7 -

die sich in der Ausnehmung 26 des Temperatursgleichsblocks 18 befindet, und die den Druck des Gases in der Leitung, definiert durch die Rohrleitungen 44, 46 und Ausnehmung 22, regelt. Die Druckregleinrichtung 48 umfaßt eine Kammer 50 mit einem Einlaß 52, verbunden mit der Leitung 46 und mit einer Kapsel 54, deren Innenraum mit dem Reservoir 28 über eine Rohrleitung 56 kommuniziert. Die Kapsel 54 und das Reservoir 28 sind nach Füllung mit dem erwähnten Referenzgas typischerweise unter einem Druck von 16 - 17 psi (850 Torr, d.h. gerade oberhalb atmosphärischem Druck) abgedichtet und enthält demgemäß eine festgelegte Masse des Referenzgases. Eine Wandung der Kapsel 54 umfaßt eine flexible Membran 58, die über ein Gestänge 60 außerhalb der Kapsel mit einem Ventilglied 62 verbunden ist. Das Ventilglied 62 steuert die Öffnung einer Belüftungsöffnung 64 in der Kammer 50, welche Öffnung gegen Atmosphärendruck belüftet ist.

Im Betrieb gelangt das Gas, dessen spezifische Schwere zu messen ist, in die Vorrichtung 10 über das Einlaßrohr 12, wobei sein Druck mittels der Öffnung 14 auf einen Wert gerade oberhalb Atmosphärendruck herabgesetzt wird, wie nachfolgend noch zu erläutern ist. Die Druckherabsetzung führt zu einer Abkühlung des Gases, das dann durch das Wärmetauscherrohr 44 strömt, wo seine Temperatur im wesentlichen auf die des Temperatursgleichsblocks 18 gebracht wird. Man erkennt, daß der Block 18 im wesentlichen auf der Umgebungstemperatur bleibt und, da er eine relativ große thermische Trägheit besitzt und durch das Gehäuse 16 abgeschirmt ist, seine Temperatur relativ langsam ändert. Das Gas mit der Temperatur des Blocks 18 gelangt dann in die Ausnehmung 22 über deren Einlaß 40 und strömt sowohl über die Außen- wie auch die Innenfläche des vibrierenden Zylinders, der als dichteempfindliches Element 30 dient, bevor es die Ausnehmung 22 über deren Auslaß 42 verläßt. Der Zylinder 30 ist

zu Schwingungen mit seiner Resonanzfrequenz durch die Verstärkereinheit 34 angeregt, wie in der erwähnten britischen Patentschrift erläutert, wobei die Größe dieser Resonanzfrequenz abhängt von der Dichte des Gases, dem der Zylinder ausgesetzt ist. Die Einheit 34 erzeugt demgemäß ein Ausgangssignal, dessen Frequenz repräsentativ ist für die Dichte des Gases in der Ausnehmung 22: Die Frequenz dieses Ausgangssignals wird gemessen durch ein Frequenzmeßgerät 66.

Das aus der Ausnehmung 22 abströmende Gas gelangt über die Rohrleitung 46 in die Kammer 50, von wo es gegen atmosphärischen Druck über das Auslaßventil 62 und den Auslaß 64 gelüftet wird. Die Membran 58 stellt die Größe der Öffnung des Auslasses 64 mittels des Gestänges 60 und des Ventilgliedes 62 so nach, daß der Druck des Gases in der Kammer 50 im wesentlichen gleich dem Druck des Referenzgases in der Kapsel 54 ist. Der Druck des Gases in der Ausnehmung 22 wird demgemäß ebenfalls im wesentlichen gleich dem Druck des Referenzgases gehalten.

Wie bereits erwähnt, ist die spezifische Schwere oder relative Dichte S_g eines Gases gegeben durch $S_g = \rho_g / \rho_a$, wobei ρ_a eine Konstante ist. Da jedoch ρ_L die gemessene Dichte des Gases in der Ausnehmung 22 ist, ergibt sich

$$\rho_g = \rho_L \times \frac{T_L}{T_S} \times \frac{P_S}{P_L}$$

worin T_L die Temperatur des Gases in der Ausnehmung 22 ist
(absolut)

T_S die Standardtemperatur (absolut)

P_L der Druck des Gases in der Ausnehmung 22 (absolut)

und P_S der Standarddruck (absolut).

Durch Substitution für ρ_g , und da T_S und P_S Konstanten sind, erhält man $S_g = \rho_L \cdot \frac{T_L}{P_L} \times k$, mit k als der Meßkonstanten.

509846/0536

- 9 -

Der Druck P_L wird jedoch geregelt so, daß er gleich dem der festgelegten Masse des Referenzgases ist, dessen Volumen ebenfalls festgelegt wurde. Demgemäß ergibt sich für das Referenzgas $P_L = \text{constant} \times T_{\text{ref}}$. Obwohl die Vorrichtung 10 ausgebildet ist, daß die Temperatur T_{ref} des Referenzgases jederzeit im wesentlichen gleich der Temperatur T_L des Gases in der Ausnehmung 22 ist, da beide Gase in innigem thermischen Kontakt mit dem Temperatursausgleichsblock 18 stehen, ergibt sich durch $T_{\text{ref}} = T_L$:

$$S_g = \text{constant} \times L^*$$

Demgemäß kann das Frequenzmeßgerät 66 direkt in Werten der spezifischen Schwere oder relativen Dichte geeicht werden, typischerweise durch Durchführung von Messungen an reinen Gasen bekannter spezifischer Schwere, z.B. Stickstoff.

Man erkennt, daß verschiedene Modifikationen an dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgenommen werden können. Beispielsweise können andere Dichtemeßeinrichtungen als die beschriebene verwendet werden, um die Dichte des durch die Vorrichtung strömenden Gases zu bestimmen. Auch die Druckregelvorrichtung 48 kann ersetzt werden durch einen anderen Regler vom Typus der kartesischen Glocke, d.h. mit einer festgelegten Masse eines Referenzgases.

Zusätzlich können zwei weitere Verbesserungen vorgesehen sein, nämlich eine Temperatursteuerungseinheit und ein Differenzdruckschalter.

Die Temperatursteuereinheit umfaßt einen von einem Temperatursensor thermostatisch gesteuerten Heizer und kann vorteilhafterweise innerhalb des Temperatursausgleichsblocks 18 oder innerhalb des Gehäuses 16 angeordnet werden, und zwar so, daß das Referenzgas und das zu messende Gas beide in gleichem Maße

509845/0536

- 10 -

vorsichtig aufgeheizt werden, um keine Temperaturdifferenz zwischen ihnen einzuführen. Diese Einheit braucht die Temperatur nicht genau zu steuern, da etwaige Änderungen der Umgebungstemperatur nicht kritisch für die Messung der spezifischen Schwere sind, weil bei der Vorrichtung gemäß der Erfindung in jedem Falle sichergestellt wird, daß das zu messende Gas sich auf der gleichen Temperatur wie das Referenzgas selbst dann befindet, wenn diese Temperatur nicht konstant ist. Es ist jedoch vorzuziehen, daß die Temperatur nicht zu stark variiert und insbesondere daß sie nicht zu niedrig wird, weil dies zur Bildung von Kondensat innerhalb der Vorrichtung führen könnte. Die Temperatursteuereinheit vermeidet jegliches solche Kondensatbildung.

Der Differenzdruckschalter kann vorteilhafterweise vorgesehen werden, um die Druckdifferenz zwischen dem Referenzgas und dem zu messenden Gas festzustellen und ein Alarmsignal auszulösen, falls diese Druckdifferenz einen vorgegebenen Wert übersteigt. Damit wird sichergestellt, daß die Strömungsrate oder der Durchsatz des zu messenden Gases innerhalb zulässiger Grenzen liegt und daß die Druckregaleinrichtung 48 korrekt arbeitet.

(Patentansprüche)

- 11 -

509846/0536

2420664

P a t e n t a n s p r ü c h e

1) Vorrichtung zur Messung der relativen Dichte oder spezifischen Schwere ("Specific gravity") eines Gases, mit einer das zu messende Gas führenden Leitung, einer dichteempfindlichen Meßeinrichtung für die Erzeugung eines für die Dichte des in der Leitung strömenden Gases repräsentativen Ausgangssignals, einer eine festgelegte Masse eines Referenzgases enthaltenden Kammer, und einer Drucksteuereinrichtung, die im Ansprechen auf eine Druckdifferenz zwischen Referenzgas und zu messendem Gas in der Leitung den Druck des letzteren in Richtung einer Ausregelung der Differenz nachstellt, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (30, 34) ihr dichteempfindliches Element (30) in der Leitung (44, 22) dem zu messenden Gas ausgesetzt aufweist und daß ein Temperatursausgleichsblock (18) vorgesehen ist, mit dem die Leitung (44, 22) und die Referenzgaskammer (28) in innigem thermischen Kontakt stehen zum Ausgleich etwaiger Temperaturdifferenzen zwischen Referenzgas und zu messendem Gas, derart, daß das Ausgangssignal proportional der relativen Dichte des zu messenden Gases ist.

2) Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzgaskammer (28) in dem Ausgleichsblock (18) untergebracht ist.

3) Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil (22) der Leitung innerhalb des Ausgleichsblocks (18) verläuft.

4) Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil (44) der Leitung um den Block (18) gewunden ist.

2420664

- 5) Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drucksteuereinrichtung (48) ein Auslaßventil (62) für die Steuerung des Auslasses des zu messenden Gases aus der Leitung sowie eine bewegliche Membran (58) für die Betätigung des Ventils (62) umfaßt, und daß die beiden Seiten der Membran dem Druck des Referenzgases bzw. des zu messenden Gases ausgesetzt sind.
- 6) Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das dichteempfindliche Element einen schwingfähigen Körper (30) umfaßt und die dichteempfindliche Meßeinrichtung (30, 34) Mittel (34) für die Anregung des Körpers zu Schwingungen mit seiner Eigenfrequenz sowie zur Erzeugung des Ausgangssignals als diese Frequenz repräsentierend umfaßt.
- 7) Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der schwingfähige Körper einen hohlen geraden Zylinderkörper (30) umfaßt, dessen Innen- und Außenflächen dem zu messenden Gas in der Leitung ausgesetzt sind und der zu glockenartigen Schwingungen angeregt ist.

509846/0536.

